

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 8 月 2 6 日
Date of Application:

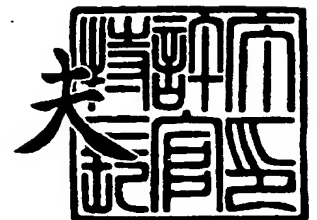
出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 3 0 1 6 6 3
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 3 0 1 6 6 3]

出 願 人
Applicant(s): 富士フイルムマイクロデバイス株式会社
 富士写真フイルム株式会社

2 0 0 4 年 3 月 1 5 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 2 0 2 5 2

【書類名】 特許願
【整理番号】 DL3297
【提出日】 平成15年 8月26日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 H01L 27/14
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県黒川郡大和町松坂平 1 丁目 6 番地 富士フイルムマイクロ
 デバイス株式会社内
 【氏名】 近藤 隆二
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県黒川郡大和町松坂平 1 丁目 6 番地 富士フイルムマイクロ
 デバイス株式会社内
 【氏名】 宇家 眞司
【発明者】
 【住所又は居所】 宮城県黒川郡大和町松坂平 1 丁目 6 番地 富士フイルムマイクロ
 デバイス株式会社内
 【氏名】 野村 裕子
【特許出願人】
 【識別番号】 391051588
 【氏名又は名称】 富士フイルムマイクロデバイス株式会社
 【代表者】 加藤 典彦
【特許出願人】
 【識別番号】 000005201
 【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社
 【代表者】 古森 重▲隆▼
【代理人】
 【識別番号】 100091340
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 高橋 敬四郎
 【電話番号】 03-3832-8095
【選任した代理人】
 【識別番号】 100105887
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 来山 幹雄
 【電話番号】 03-3832-8095
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 009852
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9913044
 【包括委任状番号】 9913045

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

(a) 半導体基板内、及び前記半導体基板上方に、行列状に配置され、入射光を光電変換して信号電荷を生成する感光部と、前記感光部で生成された信号電荷を垂直方向に転送する垂直 CCD 部と、前記垂直 CCD 部から転送される信号電荷を水平方向に転送する水平 CCD 部と、前記各感光部の上に開口を有する遮光膜とを含む基板部を形成する工程と、
(b) 前記基板部上に、添加物を含む酸化シリコンの第 1 の絶縁層を形成する工程と、
(c) 前記第 1 の絶縁層をリフロし、リフロされた前記第 1 の絶縁層上であって前記感光部の上方を含む領域に、窒化シリコンで上下凸形状のインナレンズを形成する工程と、
(d) 前記インナレンズ上に酸化シリコン系絶縁物の第 2 の絶縁層を形成する工程と、
(e) 前記第 2 の絶縁層の表面を平坦化する工程と、
(f) 前記第 2 の絶縁層の平坦化された表面上に、カラーフィルタを形成する工程と、
(g) 前記カラーフィルタ上に、透明材料で形成され、表面が平坦な透明平坦層を形成する工程と、
(h) 前記透明平坦層上に、マイクロレンズを形成する工程と、
(i) 前記マイクロレンズ上に、前記マイクロレンズよりも屈折率の小さい低屈折率層を形成する工程と、
(j) 前記低屈折率層上に、透明板を配置する工程と、
(k) 前記透明板を配置した基板部をパッケージする工程と
を有する固体撮像素子の製造方法。

【請求項 2】

前記工程 (b) において、前記添加物を含む酸化シリコンが BPSG である請求項 1 に記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 3】

前記工程 (c) が、

(c1) リフロされた前記第 1 の絶縁層上に第 1 の窒化シリコン膜を気相成長法で積層する工程と、

(c2) 前記第 1 の窒化シリコン膜の表面を平坦化し、下側インナレンズを得る工程と、

(c3) 前記下側インナレンズ上に第 2 の窒化シリコン膜を気相成長法で積層する工程と、

(c4) 前記第 2 の窒化シリコン膜をレンズ形状のマスクを用いてエッチングし、上側インナレンズを得る工程と

を含む請求項 1 または 2 に記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 4】

前記工程 (d) において、前記酸化シリコン系絶縁物が BPSG である請求項 1～3 のいずれか 1 項に記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 5】

前記工程 (h) において、前記マイクロレンズを $0.5\ \mu\text{m}$ 以下の厚さに形成する請求項 1～4 のいずれか 1 項に記載の固体撮像素子の製造方法。

【請求項 6】

行列状に配置され、入射光を光電変換して信号電荷を生成する感光部と、前記感光部で生成された信号電荷を垂直方向に転送する垂直転送チャンネルと、前記垂直転送チャンネルから転送される信号電荷を水平方向に転送する水平転送チャンネルとを備えた半導体基板と、

前記垂直転送チャンネル上方に形成された第 1 の電極と、

前記第 1 の電極上方に形成された第 2 の電極と、

前記第 2 の電極上方に形成された遮光膜と、

前記感光部上方であって前記遮光膜よりも高い位置に、窒化シリコンで上下凸形状に形成されたインナレンズと、

前記インナレンズ上方に形成されたマイクロレンズと、

前記固体撮像素子の前記マイクロレンズ上に形成され、前記マイクロレンズの屈折率よりも屈折率の小さい低屈折率層と、

前記低屈折率層上に配置された透明板とを有する固体撮像素子。

【請求項 7】

前記マイクロレンズの厚さが $0.5 \mu\text{m}$ 以下である請求項 6 に記載の固体撮像素子。

【請求項 8】

更に、前記半導体基板に接続された複数のリードを含む請求項 6 または 7 に記載の固体撮像素子。

【請求項 9】

更に、前記半導体基板の裏面に接着された絶縁性保護板を含み、前記複数のリードは前記絶縁性保護板上に引き出されている請求項 6 ～ 8 のいずれか 1 項に記載の固体撮像素子。

【書類名】明細書

【発明の名称】固体撮像素子及びその製造方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、固体撮像素子に関し、特にパッケージされた固体撮像素子及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

図5(A)は、固体撮像素子を組み込んだ固体撮像装置の主要部を示すブロック図であり、図5(B)は、固体撮像素子の構成を示す概略的な平面図である。

【0003】

図5(A)を参照する。固体撮像装置は、画素ごとに入射した光量に応じて信号電荷を発生し、発生した信号電荷に基づく画像信号を供給する固体撮像素子51、固体撮像素子51を駆動するための駆動信号(転送電圧等)を発生し、固体撮像素子51に供給する駆動信号発生装置52、固体撮像素子51から供給された画像信号にノイズ低減、ホワイトバランス、データ圧縮等の処理を行う出力信号処理装置53、出力信号処理装置53に接続され、画像信号を記憶する、たとえば記憶カードである記憶装置54、画像信号を表示する、たとえば液晶表示装置である表示装置55、画像信号を外部に伝送するインターフェイスである伝送装置56、必要に応じて画像信号を表示するテレビジョン57を含んで構成される。

【0004】

固体撮像素子は、大別してCCD型とMOS型とを含む。CCD型は画素で発生した電荷をCCDで転送する。MOS型は、画素で発生した電荷をMOSトランジスタで増幅して出力する。特に限定されないが、以下、CCD型を例にとって説明する。

【0005】

なお、駆動信号発生装置52から固体撮像素子51に供給される信号は、水平CCD駆動信号、垂直CCD駆動信号、出力アンプ駆動信号及び基板バイアス信号である。

【0006】

図5(B)を参照する。固体撮像素子は、たとえば行列状に配置された複数の感光部62、複数の垂直CCD部64、複数の垂直CCD部64に電気的に結合された水平CCD部66、CCDを駆動するための駆動部65、及び水平CCD部66の端部に設けられ、水平CCD部66からの出力電荷信号を増幅する増幅回路部67を含んで構成される。なお、画素配列部61は感光部62及び垂直CCD部64から構成される。

【0007】

感光部62は、光電変換素子を含んで形成される。光電変換素子は、入射した光量に応じて信号電荷を発生、蓄積する。蓄積された信号電荷は、垂直CCD部64に読み出され、垂直CCD部64内を、水平CCD部66に向かう方向(垂直方向)に転送される。垂直CCD部64は、駆動部65から供給される転送電圧(駆動信号)によって信号電荷を転送する。垂直CCD部64の末端まで転送された信号電荷は、水平CCD部66内(水平転送チャンネル)を水平方向に転送され、増幅回路部67で増幅されて外部に取り出される。

【0008】

図6(A)は、固体撮像素子の画素配列部の一部の概略を示す平面図であり、図6(B)は、図6(A)の6B-6B線に沿った断面図である。図6(A)においては、表示を簡便化するため、図6(B)に現れる構成要件のいくつかを省略して示してある。

【0009】

図6(A)を参照する。隣り合う感光部62の間には、第1層垂直CCD転送電極71及び第2層垂直CCD転送電極72が形成されている。両転送電極は、垂直転送チャンネル73とはほぼ直交する方向へ延在している。両転送電極に印加される駆動信号(転送電圧)によって、垂直転送チャンネル73内を感光部62で発生した信号電荷が転送される。

【0010】

図6 (B)を参照する。たとえばn型の半導体基板である基板81に形成されたp型のウェル層82に、n型の感光部62、及びその隣にn型の水平転送チャネル73が形成されている。水平転送チャネル73上方には絶縁膜74を介して第1層垂直CCD転送電極71、第2層垂直CCD転送電極72、遮光膜83が、この順に下から形成されている。垂直CCD部64は、水平転送チャネル73、及びその上方の絶縁膜74、第1層垂直CCD転送電極71、第2層垂直CCD転送電極72を含んで構成される。

【0011】

入射光量に応じて感光部62で発生した信号電荷は、第1層及び第2層垂直CCD転送電極71、72へ印加される駆動信号(転送電圧)により、垂直転送チャネル73内を転送される。遮光膜83は、各感光部62の上に開口を有し、画素配列部に入射する光が感光部62以外の領域に入射するのを防止する。

【0012】

赤(R)、緑(G)、青(B)の3原色のカラーフィルタ84が、たとえば酸化シリコン(SiO₂)で作られた絶縁層105上に形成されている。また、カラーフィルタ84上には、たとえばホトレジスト材料で作られるマイクロレンズ85が形成してある。マイクロレンズ85は、各感光部62の上方に、たとえば微小な半球状の凸レンズが配列されたものである。マイクロレンズ85の屈折率は、たとえば1.6~1.7である。マイクロレンズ85は入射光を感光部62に集光する。マイクロレンズ85で集束される光は、3原色いずれかのカラーフィルタ84を通して感光部62に入射する。なお、感光部62及び垂直CCD部64の上方に、遮光膜83、絶縁層105、カラーフィルタ84を含んで形成され、マイクロレンズ85を支持する機能をも有する部分をマイクロレンズ支持層106と呼ぶ。

【0013】

図7 (A) ~ (F) は、パッケージされた固体撮像素子の概略を示す断面図である。

【0014】

図7 (A)を参照する。固体撮像素子チップ91は、リード線92の接続されているセラミックのパッケージ93内にダイ付けされ、ワイヤ95によってボンディングされている。パッケージ93上部にはカバーガラス94が配されており、外部からの光はカバーガラス94を透過して固体撮像素子チップ91に入射する。このようなパッケージ固体撮像素子は、パッケージ93のサイズが固体撮像素子チップ91のサイズに比べて大きいこととパッケージ価格が高いことが問題点である。

【0015】

低価格パッケージとして、クリアモールドパッケージやWL-CSP (well level chip scale package) が知られている。

【0016】

図7 (B) はクリアモールドパッケージの一例を示す断面図である。クリアモールド樹脂でパッケージされた固体撮像素子は、様々に改良され提案されている。(たとえば特許文献1参照。)

マイクロレンズを有する固体撮像素子チップ91のマイクロレンズの周囲が、たとえばフッ素樹脂等の屈折率1.3~1.4の低屈折率層96で覆われている。また、低屈折率層96の上面及び側面全体がアクリル樹脂等の高硬度透明材97で覆われている。更に、高硬度透明材97及び固体撮像素子チップ91の周囲が、エポキシ樹脂等のクリアモールド樹脂層98によってパッケージングされている。リード線92が、固体撮像素子チップ91からクリアモールド樹脂層98の外部に取り出されている。

【0017】

図7 (C) ~ (E) を参照して、低屈折率層96の機能について説明する。なお、図7 (C) ~ (E) においては、説明の便宜のため、図7の他図においては固体撮像素子チップ91に含まれているマイクロレンズ85を、固体撮像素子チップ91から独立したものとして示してある。

【0018】

図7(C)は、固体撮像素子チップ91のマイクロレンズ85がクリアモールド樹脂層98で覆われている構造のパッケージされた固体撮像素子の一部概略を示す断面図である。

【0019】

図7(D)は、固体撮像素子チップ91のマイクロレンズ85上方にカバーガラス94が形成され、両者の間に空気層が存在している中空型のパッケージングがなされた固体撮像素子の一部概略を示す断面図である。

【0020】

図7(E)は、固体撮像素子チップ91のマイクロレンズ85上に、低屈折率層96が形成され、その上にクリアモールド樹脂層98が形成されている構造のパッケージされた固体撮像素子の一部概略を示す断面図である。

【0021】

図7(C)に示すパッケージ固体撮像素子は、クリアモールド樹脂層98とマイクロレンズ85との屈折率の差が小さいため、集光率が低い。その集光率は、図7(D)に示す中空型パッケージ固体撮像素子の集光率の半分以上である。図7(E)に示す固体撮像素子においては、マイクロレンズ85の周囲に低屈折率層96を形成することによって、両者の屈折率の差を大きくし、入射光を有効に固体撮像素子の感光部に集光することができる。

【0022】

低屈折率層96を備えたクリアモールドパッケージ固体撮像素子は、マイクロレンズ85とクリアモールド樹脂層98との間に低屈折率層96を形成するだけの簡単な構造であるため、高感度、低コストを実現することができる。

【0023】

図7(F)を参照する。固体撮像素子チップ91の両主面に、たとえば可視光に対して透明な接着層100、101が形成され、各接着層100、101によって固体撮像素子チップ91に、カバーガラス94、裏面ガラス102が接着されている。電極層99が固体撮像素子チップ91からパッケージ外部にのびている。図示のパッケージ固体撮像素子においては、固体撮像素子チップ91の裏面に接着層101及びその上に裏面ガラス102を形成した後、固体撮像素子チップ91からのびる電極層99を形成する。その後、もう一方の主面に、接着層100及びその上にカバーガラス94を形成する。

【0024】

図7(F)に示すWL-CSPは、固体撮像素子チップ91の両主面に接着層100、101を介してガラス94、102を形成するとともに、電極層99を固体撮像素子チップ91からのびすだけの簡便なパッケージである。

【0025】

図8(A)～(C)は、たとえば図7(B)に示したパッケージ固体撮像素子のように、低屈折率層に覆われたマイクロレンズを備えるパッケージ固体撮像素子の問題点を説明するための概略的な断面図である。

【0026】

図8(A)を参照する。感光部62上に厚さ l_{SA} のマイクロレンズ支持層106、その上にたとえば厚さ l_{MA} の上凸状のマイクロレンズ85が形成されている。マイクロレンズ85の厚さ l_{MA} は、たとえば $1.2\mu m$ であり、屈折率はたとえば $1.6\sim 1.7$ である。入射光110がマイクロレンズ85に入射し、感光部62上に焦点を結ぶ。マイクロレンズ85の厚さ l_{MA} 及びマイクロレンズ支持層105の厚さ l_{SA} は、マイクロレンズ85に入射した入射光110が、感光部62上に焦点を結ぶような値に設定される。

【0027】

マイクロレンズ支持層106の厚さ l_{SA} は、たとえば感光部62のサイズが $4\mu m$ 角の場合で $3.5\mu m$ である。マイクロレンズ支持層106の厚さは、感光部62のサイズ

が小さくなると減少する。たとえば感光部 62 が $3\ \mu\text{m}$ 角のとき、マイクロレンズ支持層 106 の厚さは $3\ \mu\text{m}$ である。

【0028】

図 8 (B) を参照する。図 8 (A) に示すマイクロレンズ 85 上に、たとえば屈折率が $1.3 \sim 1.4$ の低屈折率層 96 を形成した場合、入射光 110 を感光部 62 上に集光するためには、たとえばマイクロレンズ支持層 106 の厚さを l_{SA} より長い l_{SB} にする必要がある。

【0029】

マイクロレンズ 85 の屈折率を 1.7 、低屈折率層 96 のそれを 1.3 とした場合、マイクロレンズ 85 を低屈折率層 96 で覆ったとき、マイクロレンズ支持層 106 の厚さ l_{SB} は、感光部 62 が $4\ \mu\text{m}$ 角であれば $7\ \mu\text{m}$ となる。これは低屈折率層 96 を形成しない場合の 2 倍である。

【0030】

しかしマイクロレンズ支持層 106 の厚さを、 50% 以上増加させることは困難である。それ以上増加させると、入射光 110 が感光部 62 に到達するまでの光学長が長くなり、散乱の影響が大きくなる等の不具合が生じることがある。

【0031】

図 8 (C) を参照する。図 8 (A) に示すマイクロレンズ 85 上に、低屈折率層 96 を形成する場合、入射光 110 を感光部 62 に集光するために、マイクロレンズ 85 の厚さを l_{MA} より長い l_{MB} にしてもよい。

【0032】

マイクロレンズ 85 の屈折率を 1.7 、低屈折率層 96 のそれを 1.3 とした場合、マイクロレンズ 85 を低屈折率層 96 で覆ったとき、マイクロレンズ 85 の厚さ l_{MB} は、感光部 62 のサイズが $3\ \mu\text{m}$ 角であれば、 l_{MA} の 2 倍の $2.4\ \mu\text{m}$ となる。

【0033】

しかしマイクロレンズ 85 の厚さを、極端に変化させることも難しい。たとえば厚さが $1.2\ \mu\text{m}$ のマイクロレンズ 85 の場合、厚さを $0.6\ \mu\text{m}$ 以上変化させるのは困難である。

【0034】

更に、低屈折率層 96 を形成する材料は、可視光に対し透明であること (95% 以上の透過率を有すること)、及び、感光部 62 の信頼性を確保するために、水分の透過を防ぐことが可能であることの 2 点を備えていることが好ましい。このため、低屈折率層 96 を形成する材料としては、事実上屈折率が 1.4 以上の材料を用いることが多い。また、マイクロレンズ 85 の屈折率も実際上は高々約 1.6 である。マイクロレンズ 85 と低屈折率層 96 との間の屈折率差は小さく、マイクロレンズ 85 の厚さのみの調整で、入射光 110 の焦点を感光部 62 に結ぶことは困難である。

【0035】

【特許文献 1】特開平 5-206430 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0036】

本発明の目的は、高い集光率を有する固体撮像素子及びその製造方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0037】

本発明の一観点によれば、(a) 半導体基板内、及び前記半導体基板上方に、行列状に配置され、入射光を光電変換して信号電荷を生成する感光部と、前記感光部で生成された信号電荷を垂直方向に転送する垂直 CCD 部と、前記垂直 CCD 部から転送される信号電荷を水平方向に転送する水平 CCD 部と、前記各感光部の上に開口を有する遮光膜とを含む基板部を形成する工程と、(b) 前記基板部上に、添加物を含む酸化シリコンの第 1 の

絶縁層を形成する工程と、(c) 前記第1の絶縁層をリフロし、リフロされた前記第1の絶縁層上であって前記感光部の上方を含む領域に、窒化シリコンで上下凸形状のインナレンズを形成する工程と、(d) 前記インナレンズ上に酸化シリコン系絶縁物の第2の絶縁層を形成する工程と、(e) 前記第2の絶縁層の表面を平坦化する工程と、(f) 前記第2の絶縁層の平坦化された表面上に、カラーフィルタを形成する工程と、(g) 前記カラーフィルタ上に、透明材料で形成され、表面が平坦な透明平坦層を形成する工程と、(h) 前記透明平坦層上に、マイクロレンズを形成する工程と、(i) 前記マイクロレンズ上に、前記マイクロレンズよりも屈折率の小さい低屈折率層を形成する工程と、(j) 前記低屈折率層上に、透明板を配置する工程と、(k) 前記透明板を配置した基板部をパッケージする工程とを有する固体撮像素子の製造方法が提供される。

【0038】

この固体撮像素子の製造方法によれば、高い集光率を有する固体撮像素子を製造することができる。

【0039】

また、本発明の他の観点によれば、行列状に配置され、入射光を光電変換して信号電荷を生成する感光部と、前記感光部で生成された信号電荷を垂直方向に転送する垂直転送チャンネルと、前記垂直転送チャンネルから転送される信号電荷を水平方向に転送する水平転送チャンネルとを備えた半導体基板と、前記垂直転送チャンネル上方に形成された第1の電極と、前記第1の電極上方に形成された第2の電極と、前記第2の電極上方に形成された遮光膜と、前記感光部上方であって前記遮光膜よりも高い位置に、窒化シリコンで上下凸形状に形成されたインナレンズと、前記インナレンズ上方に形成されたマイクロレンズと、前記固体撮像素子の前記マイクロレンズ上に形成され、前記マイクロレンズの屈折率よりも屈折率の小さい低屈折率層と、前記低屈折率層上に配置された透明板とを有する固体撮像素子が提供される。

【0040】

この固体撮像素子においては、マイクロレンズ上に低屈折率層が形成されているために、平坦な表面を形成でき、その上にガラス板等の透明板を安定に配置することができる。また、マイクロレンズとインナレンズの2つのレンズで入射光を感光部に集光するため、感光部に入射する光量を増加させることができる。このため、高い集光効率を得ることができる。また、小型で安価である。

【発明の効果】

【0041】

本発明によれば、高い集光率を有する固体撮像素子及びその製造方法を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

図1は、固体撮像素子の一部の概略を示す断面図である。感光部62上に酸化シリコン(SiO)で作られた絶縁層を含むマイクロレンズ支持層106が形成されており、マイクロレンズ支持層106の一部として、たとえば窒化シリコン(SiN)で作られた可視光に対する屈折率が1.8以上、たとえば2.0の上下凸状のインナレンズ120が形成されている。

【0043】

マイクロレンズ支持層106上には、たとえばホトレジスト材料で作られた、厚さ0.5 μ m、屈折率1.6のマイクロレンズ85が形成されている。感光部62上方のマイクロレンズ85を覆うように、たとえばフッ素ポリマで作られた低屈折率層96が形成されている。低屈折率層96の屈折率は、マイクロレンズ85のそれよりも小さく、たとえば1.4である。

【0044】

固体撮像素子に入射光110が入射する。入射光110は、マイクロレンズ85及びインナレンズ120で集光されて感光部62上に焦点を結ぶ。2つのレンズで入射光110

を集光した場合、マイクロレンズ 85 のみで集光した場合に比べ、入射光 110 を短い距離で集光することができる。また、インナレンズ 120 を形成することにより、マイクロレンズ 85 の厚さを薄くすること、たとえば $0.5\ \mu\text{m}$ 以下にすることができる。インナレンズ 120 は、固体撮像素子に入射した入射光 110 を絞って多くの光を感光部 62 上に集光し、スミア等を小さく抑える効果を有する。

【0045】

なお、インナレンズ 120 を備える固体撮像素子は、たとえば携帯電話器に内蔵されるカメラに使用されるのに好適である。携帯電話器に内蔵されるカメラは、瞳距離が $3\sim 4\text{mm}$ と小さく、入射光 110 の入射角が大きくなるためである。

【0046】

スミアを低減させるためには、入射光 110 に対する開口（たとえば感光部 62 が $3\ \mu\text{m}$ 角以下のサイズである場合は、開口は $1\ \mu\text{m}$ 角以下に形成される。）を小さくすることが好ましい。開口を小さくしても、入射光 110 が感光部 62 上に焦点を結んで入射するために、インナレンズ 120 は上下凸形状に形成することが好ましい。

【0047】

マイクロレンズ支持層 106 の一部としてインナレンズ 120 を、更に、マイクロレンズ支持層 106 上に低屈折率層 96 に覆われたマイクロレンズ 85 を有する固体撮像素子は、マイクロレンズ 85 が低屈折率層 96 に覆われているため、マイクロレンズ 85 上にクリアモールド樹脂層 98 が形成されている固体撮像素子に比べて集光率が高いことに加え、入射光 110 をマイクロレンズ 85 及びインナレンズ 120 の 2 つのレンズで感光部 62 上に集光することができるので、高い集光率を実現することができる。たとえばインナレンズ 120 を備えず、マイクロレンズ 85 が空気に接する中空構造を有する固体撮像素子と同レベルの集光率を得ることができる。

【0048】

図 1 に示すパッケージされた固体撮像素子の製造方法を簡単に説明する。まず、たとえばシリコン基板である半導体基板に、従来例で説明したような感光部 62、垂直 CCD 部 64、駆動部 65、水平 CCD 部 66、増幅回路部 67 等を形成する。

【0049】

半導体基板上方に、マイクロレンズ支持層 106 を形成する。マイクロレンズ支持層 106 形成の中間工程で、インナレンズ 120 を形成する。続いて、マイクロレンズ支持層 106 上にマイクロレンズ 85 を、更に、マイクロレンズ 85 を覆うように低屈折率層 96 を形成する。インナレンズ 120 及びマイクロレンズ 85 は、入射光 110 が感光部 62 上に焦点を結ぶような配置に形成される。マイクロレンズ支持層 106、マイクロレンズ 85、及び低屈折率層 96 等の製造方法は、実施例中において詳述する。

【実施例】

【0050】

図 2 (A) は、固体撮像素子の画素配列部の一部を示す断面図である。図 2 (A) に示した固体撮像素子は、図 6 (B) に示した固体撮像素子に、新たにマイクロレンズ支持層 106 の一部として、上下凸形状であるインナレンズ 120 が加入されたものである。インナレンズ 120 は、感光部 62 の上方であって遮光膜 83 よりも高い位置に、感光部 62 と同一のピッチ、たとえば $3\ \mu\text{m}$ 以下のピッチで形成される。インナレンズ 120 を除く構成要件は図 6 (B) に示した固体撮像素子と等しい。なお、インナレンズ 120 が形成されているため、絶縁層 105 は、下側絶縁層 105a 及び上側絶縁層 105b とに分かれている。

【0051】

インナレンズ 120 の厚さは、たとえば感光部 62 のサイズが $3\ \mu\text{m}$ のとき、約 $1\ \mu\text{m}$ である。感光部 62 のサイズが小さくなるにつれ、インナレンズ 120 の厚さは比例的に小さく形成される。インナレンズ 120 の厚さは、 $0.5\sim 1.5\ \mu\text{m}$ であることが好ましい。インナレンズ 120 を厚く形成すると、入射光を散乱させ集光機能を低下させる場合がある。また、インナレンズ 120 を作製する時間が多く必要となる。一方、インナレ

ンズ 120 が薄い場合は、集光率を低下させる。

【0052】

図 2 (B) は、第 1 の実施例による固体撮像素子の画素配列部の一部を示す概略的な断面図である。図 2 (A) に示す固体撮像素子のマイクロレンズ 85 を覆うように、低屈折率層 96 が形成され、その上にたとえば平坦なガラス板である透明板 121 が形成されている。透明板 121 は可視光に対して透明な材料で形成されていればよい。ガラス板の他に、たとえば透明なプラスチック板を用いることができる。

【0053】

マイクロレンズ 85 を低屈折率層 96 で覆うことで、エポキシ樹脂等のモールド樹脂で覆う場合と比べ、レンズ界面の屈折率の差を大きくすることができ、マイクロレンズ 85 による入射光 110 の集光効率を向上させることができる。なお、マイクロレンズ 85 による入射光 110 の集光効率は、透明板 121 の屈折率には影響されない。また、インナレンズ 120 によりマイクロレンズを出射した光の集光効率を向上させることができる。このため、感光部 62 上に入射光を集合することができる。入射光が傾いても集光効率を維持することができる。

【0054】

図 2 (C) は、パッケージされた固体撮像素子の全体を示す概略的な断面図である。図 2 (C) においては、理解を容易にするため、固体撮像素子チップ 91 に含まれているマイクロレンズ 85 を独立して明示してある。

【0055】

固体撮像素子チップ 91 の一方の主面（マイクロレンズ 85 が形成されている側）には、マイクロレンズ 85 を覆うように低屈折率層 96 が形成され、低屈折率層 96 上には、透明板 121 が配置されている。固体撮像素子チップ 91 の裏面には、接着層 101 が形成され、接着層 101 上に裏面ガラス層 102（絶縁性保護板）が形成されている。固体撮像素子チップ 91（半導体基板）に電氣的に接続される電極層 99（複数のリード）が、パッケージ外部（裏面ガラス層 102 上）に引き出されている。図 2 (C) に示すパッケージされた固体撮像素子は、透明板 121 から入射した光を感光部 62 に効率よく集光することができる。

【0056】

図 3 (A) ~ (J) は、図 2 (B) に示すような構造を有する固体撮像素子の製造方法を示す概略的な断面図である。なお、図 3 に示す製造方法により製造される固体撮像素子は、図 2 (B) に示すそのカラーフィルタ 84 上に、平坦化層が形成されたものである。

【0057】

図 3 (A) を参照する。たとえばシリコン基板である半導体基板に感光部 62、垂直 CCD 部 64、駆動部 65、水平 CCD 部 66、増幅回路部 67 等を形成した後、遮光膜 83 を形成する。続いて、感光部 62 及び遮光膜 83 上に、気相成長法により BPSG で下側絶縁層 105a を形成し、たとえば 800℃ でリフロする。下側絶縁層 105a が表面積を縮小するように変形し、インナレンズの下側形状を整える。図 3 (A) には、リフロ前の下側絶縁層 105a を一点鎖線で、リフロ後の下側絶縁層 105a を実線で示した。なお、BPSG の他、添加物によって融点を下げた酸化シリコンを用いることができる。

【0058】

図 3 (B) を参照する。下側絶縁層 105a 上に、シリコン窒化膜 (SiN) を気相成長法で積層する。感光部 62 上の段差を埋める厚さのシリコン窒化膜を成膜する。下側絶縁層 105a の上側表面上のシリコン窒化膜のほぼ全厚さをエッチバックし平坦化された表面を得る。このようにして下に凸形状の下側インナレンズ 120a を形成する。図 3 (B) には、エッチバック前のシリコン窒化膜 (SiN) を一点鎖線で、エッチバック後の下側インナレンズ 120a を実線で示した。

【0059】

図 3 (C) を参照する。下側インナレンズ 120a 上に、気相成長法で、シリコン窒化

膜 (SiN) を厚く積層する。シリコン窒化膜 (SiN) の輪郭を実線で示した。次に、積層したシリコン窒化膜 (SiN) 上に、ホトレジスト膜を塗布形成し、レジストパターンを形成 (露光、現像) した後、たとえば処理温度 250℃、硬化温度 220℃で熱処理を行い、レンズ形状のホトレジスト膜を形成する。図には、パターン形成後のホトレジスト膜を一点鎖線で、熱処理後のレンズ形状のホトレジスト膜の輪郭を二点鎖線で示した。

【0060】

図3 (D) を参照する。レンズ形状のホトレジスト膜をマスクとして異方性エッチングを行い、全体として上に凸形状の上側インナレンズ 120b を形成する。下側インナレンズ 120a と合わせて、全体として上下に凸形状のインナレンズ 120 が形成される。

【0061】

図3 (E) を参照する。インナレンズ 120 上に、気相成長法により BPSG 膜を積層し、たとえば 850℃ でリフロすることにより平坦化し、上側絶縁層 105b を形成する。なお、BPSG 以外の酸化シリコン系絶縁膜、リフロ以外の、たとえば化学機械研磨 (CMP) による平坦化を用いることもできる。

【0062】

図3 (F) を参照する。上側絶縁層 105b 上に、カラーフィルタ 84 を形成する。カラーフィルタ 84 は、ホトレジスト液に粒状の色素が混じった液 (顔料分散レジスト) を塗布し、感光 (露光) によりパターン形成 (現像) し、たとえば硬化温度 220℃ で熱硬化させることにより形成する。赤 (R)、緑 (G)、青 (B) の3色のフィルタを順に形成する。

【0063】

図3 (G) を参照する。カラーフィルタ 84 上に、平坦化層 107 を形成する。カラーフィルタ 84 は、表面に凹凸を有するからである。平坦化層 107 は、透明なホトレジストを塗布し、たとえば 220℃ の硬化温度で熱硬化させることによって形成する。遮光膜 83、下側絶縁層 105a、インナレンズ 120、上側絶縁層 105b、カラーフィルタ 84 及び平坦化層 107 を含んで形成される部分がマイクロレンズ支持層 106 である。

【0064】

図3 (H) を参照する。平坦化層 107 上にマイクロレンズ 85 を形成する。平坦化層 107 上にホトレジスト膜を塗布した後、感光 (露光)、現像をし、パターン形成を行う。図には、パターンニングされたホトレジスト膜を一点鎖線で示した。パターン形成後、たとえば処理温度 250℃、硬化温度 220℃ で熱処理を行い、レンズ状のマイクロレンズ 85 を形成する。図には、熱処理を行い形成されたマイクロレンズ 85 を実線で記してある。

【0065】

図3 (I) を参照する。マイクロレンズ 85 上に低屈折率の有機材料、たとえばフッソポリマを塗布し、低屈折率層 96 を形成する。なお、フッソポリマのガラス転位温度は 100℃ ~ 130℃ である。

【0066】

図3 (J) を参照する。低屈折率層 96 上に透明板 121、たとえばガラス板を配置する。低屈折率層 96 が接着層の機能も有するため、ガラス板を貼り付けることで、透明板 121 を配置する。この後、透明板 121 が配置された半導体基板をパッケージすれば、たとえば図2 (C) に示すようなパッケージされた固体撮像素子が得られる。

【0067】

図4 は、第2の実施例による固体撮像素子の画素配列部の一部を示す概略的な断面図である。図2 (B) に示した第1の実施例によるそれと比較するとインナレンズ 120 の形状及び形成位置が異なっている。

【0068】

図4 に示す固体撮像素子のインナレンズ 120 は、上下凸形状を有し、インナレンズ 120 の任意の位置に入射した光を集光することができる。また、インナレンズ 120 は、遮光膜 83 の高レベル面の上方には形成されていない。

【0069】

インナレンズ120は、遮光膜83上方部分を下凸形状に作製することが難しい。たとえば図3を参照して説明した固体撮像素子の製造方法でインナレンズ120を作製した場合、遮光膜83上方部分ではインナレンズ120の下凸の度合いが小さくなり、高い集光効果を得ることができない場合がある。また、遮光膜83上方部分ではインナレンズ120の下面が局部的に凹形状に形成され、集光せず、光を発散する場合も生じる。

【0070】

第2の実施例による固体撮像素子は、遮光膜83上方部分以外の部分に、集光作用のない部分のない上下凸形状のインナレンズ120を形成することにより、高い集光効率を実現した固体撮像素子である。

【0071】

以上、実施例に沿って本発明を説明したが、本発明はこれらに限定されるものではない。たとえば、種々の変更、改良、組み合わせ等が可能なことは当業者には自明であろう。

【産業上の利用可能性】

【0072】

上述した固体撮像素子は、デジタルカメラ全般に用いることができる。ことに、携帯電話器に内蔵されるカメラに好適に用いられる。また、エリアセンサに限らず、リニアセンサに用いることもできる。

【図面の簡単な説明】

【0073】

【図1】固体撮像素子の一部の概略を示す断面図である。

【図2】(A)は、固体撮像素子の画素配列部の一部を示す断面図であり、(B)は、第1の実施例による固体撮像素子の画素配列部の一部を示す概略的な断面図であり、(C)は、パッケージされた固体撮像素子の概略的な全体を示す断面図である。

【図3】(A)～(J)は、図2(B)に示すような構造を有する固体撮像素子の製造方法を示す概略的な断面図である。

【図4】第2の実施例による固体撮像素子の画素配列部の一部を示す概略的な断面図である。

【図5】(A)は、固体撮像素子を組み込んだ固体撮像装置の主要部を示すブロック図であり、(B)は、固体撮像素子の構成を示す概略的な平面図である。

【図6】(A)は、固体撮像素子の画素配列部の一部の概略を示す平面図であり、(B)は、(A)の6B-6B線に沿った断面図である。

【図7】(A)～(F)は、パッケージされた固体撮像素子チップの概略を示す断面図である。

【図8】(A)～(C)は、低屈折率層に覆われたマイクロレンズを備える固体撮像素子の問題点を説明するための概略的な断面図である。

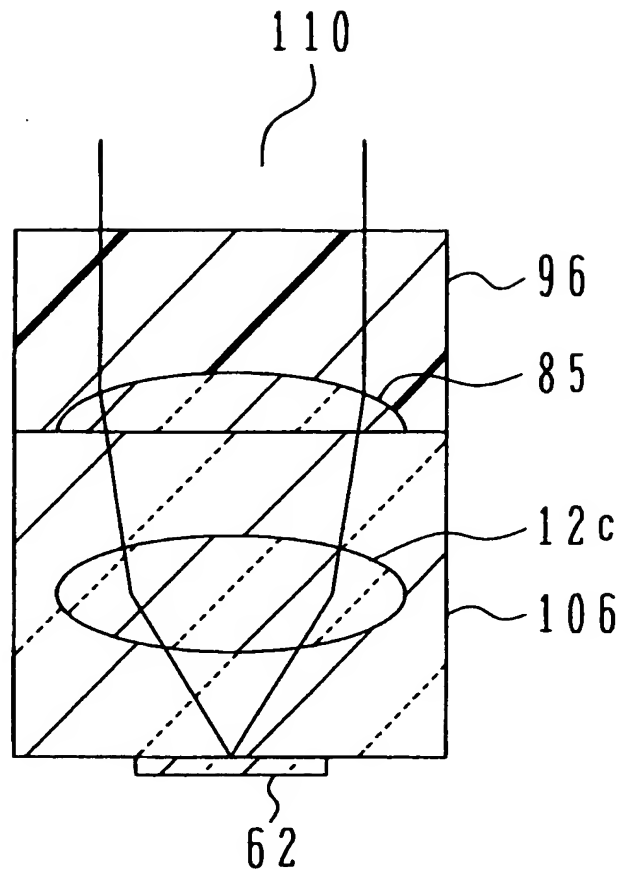
【符号の説明】

【0074】

- 51 固体撮像素子
- 52 駆動信号発生装置
- 53 出力信号処理装置
- 54 記憶装置
- 55 表示装置
- 56 伝送装置
- 57 テレビジョン
- 61 画素配列部
- 62 感光部
- 64 垂直CCD部
- 65 駆動部
- 66 水平CCD部

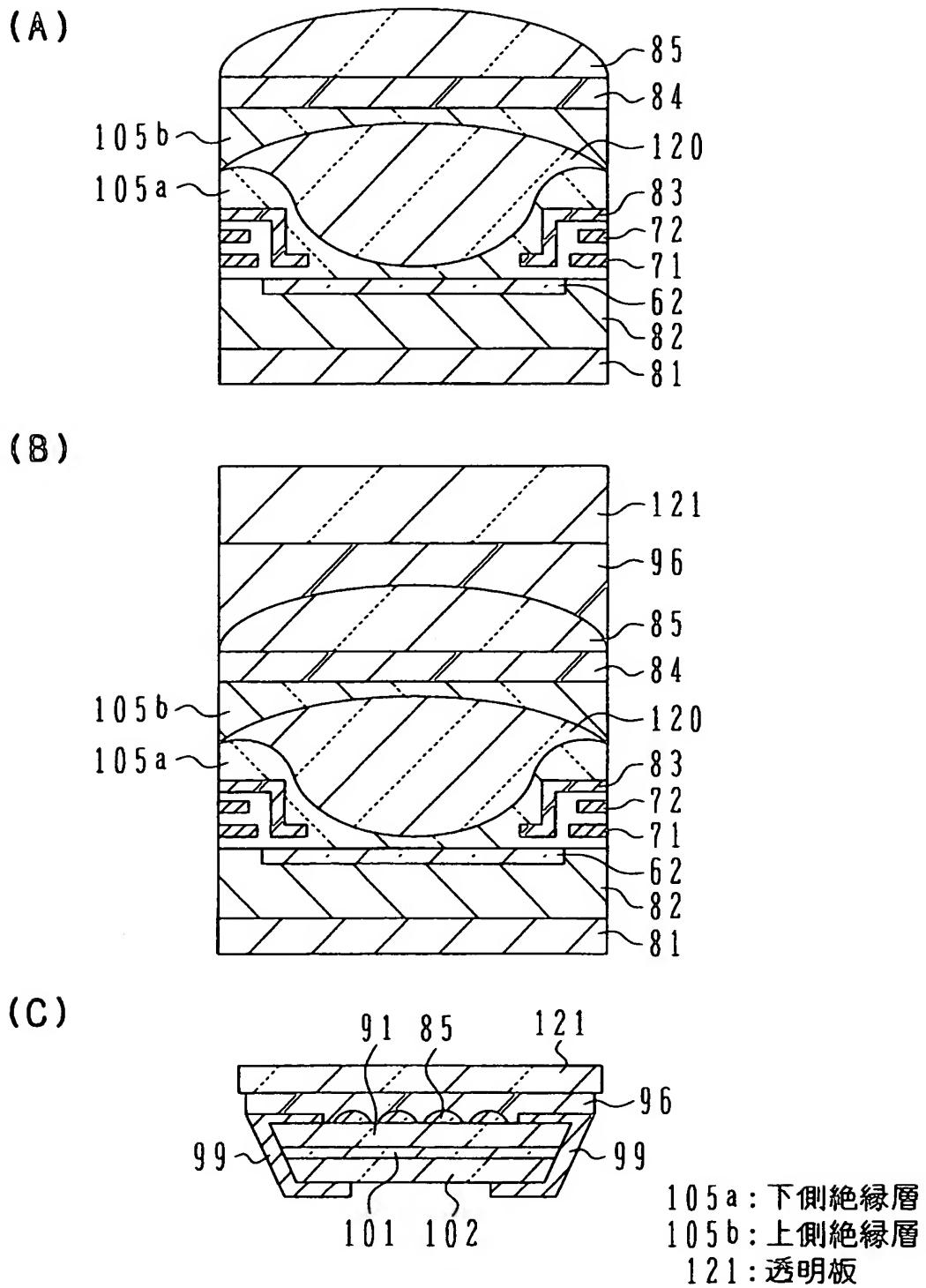
- 67 増幅回路部
- 71 第1層垂直CCD転送電極
- 72 第2層垂直CCD転送電極
- 73 垂直転送チャネル
- 74 絶縁膜
- 81 基板
- 82 ウエル層
- 83 遮光膜
- 84 カラーフィルタ
- 85 マイクロレンズ
- 91 固体撮像素子チップ
- 92 リード線
- 93 パッケージ
- 94 カバーガラス
- 95 ワイヤ
- 96 低屈折率層
- 97 高硬度透明材
- 98 クリアモールド樹脂層
- 99 電極層
- 100, 101 接着層
- 102 裏面ガラス層
- 105 絶縁層
- 105a 下側絶縁層
- 105b 上側絶縁層
- 106 マイクロレンズ支持層
- 107 平坦化層
- 110 入射光
- 120 インナレンズ
- 120a 下側インナレンズ
- 120b 上側インナレンズ
- 121 透明板

【書類名】 図面
【図 1】

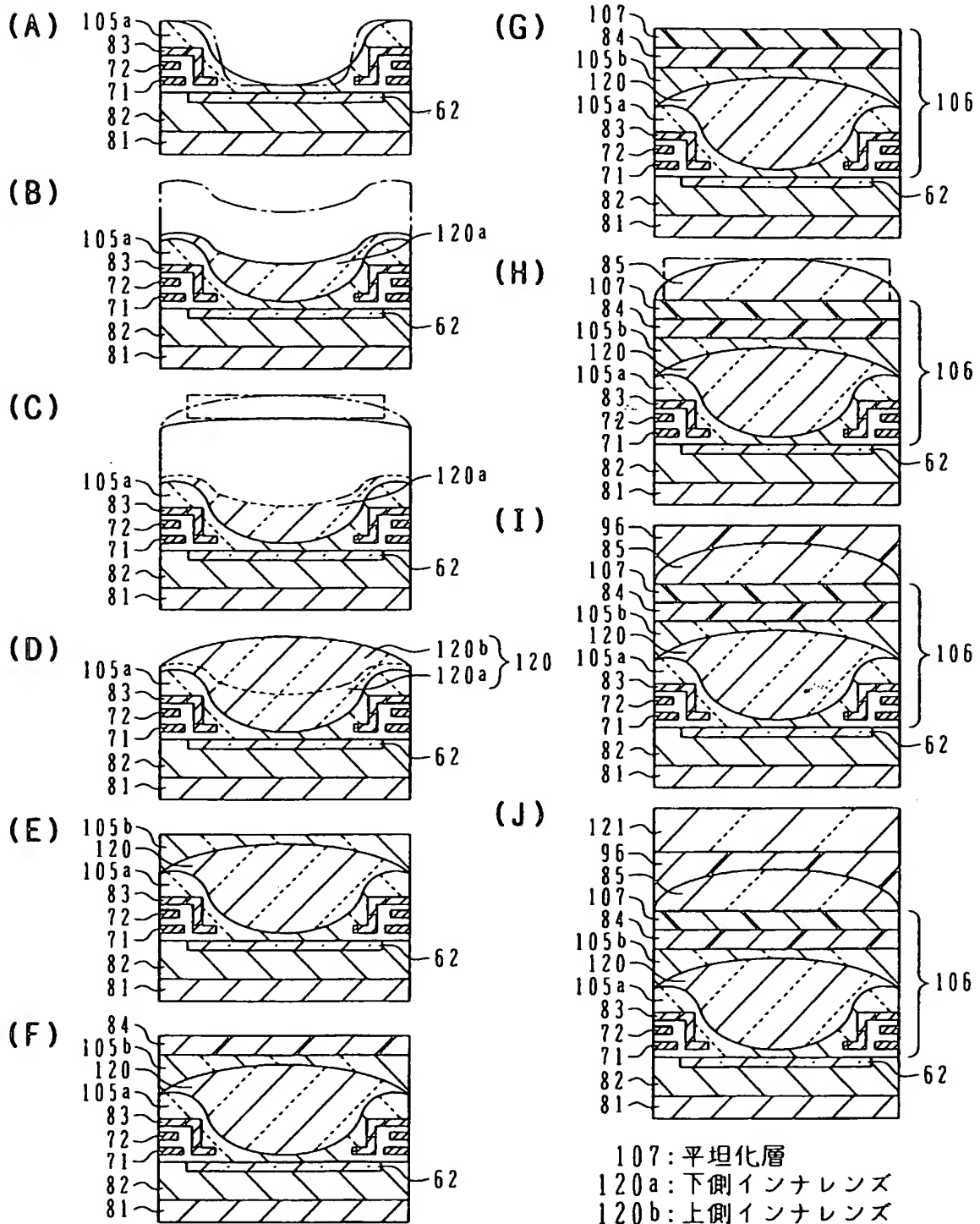


120: インナレンズ

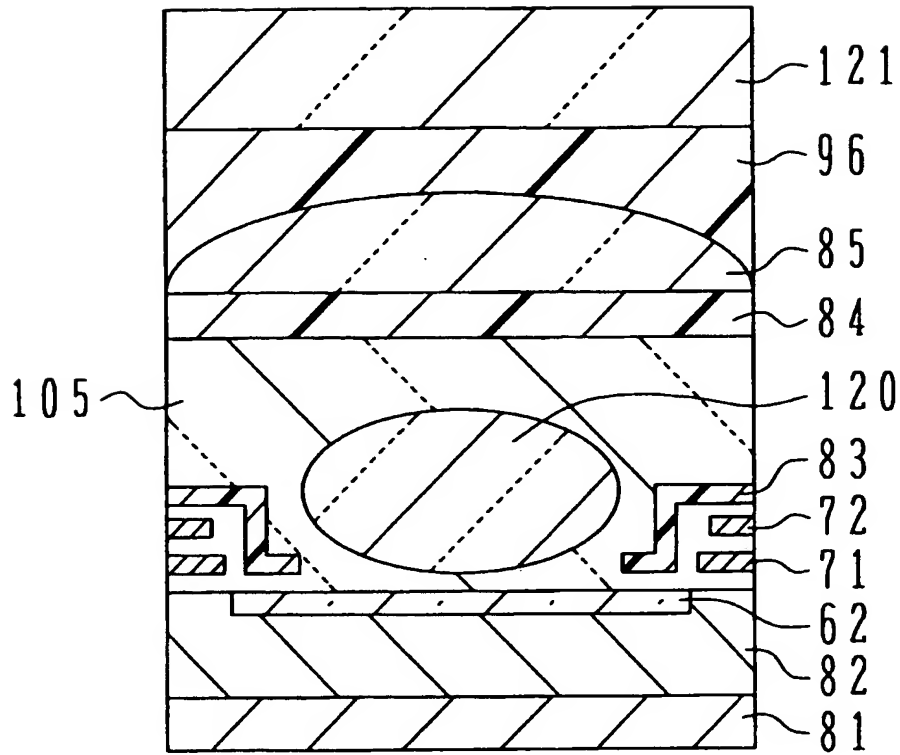
【図 2】



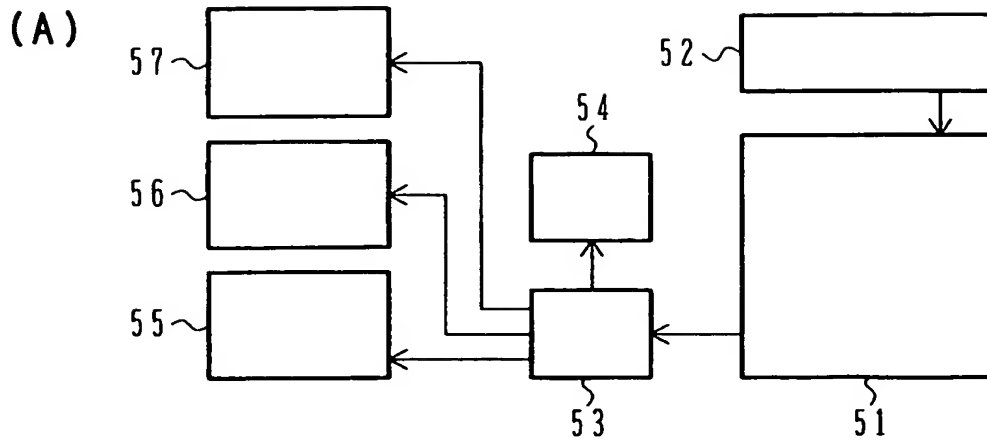
【図 3】



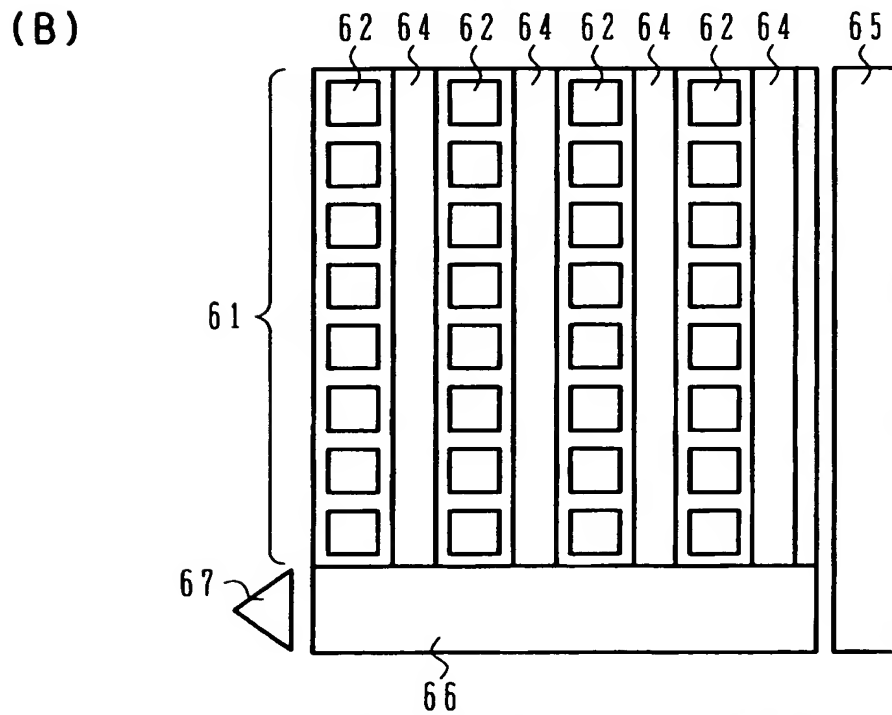
【図 4】



【図 5】

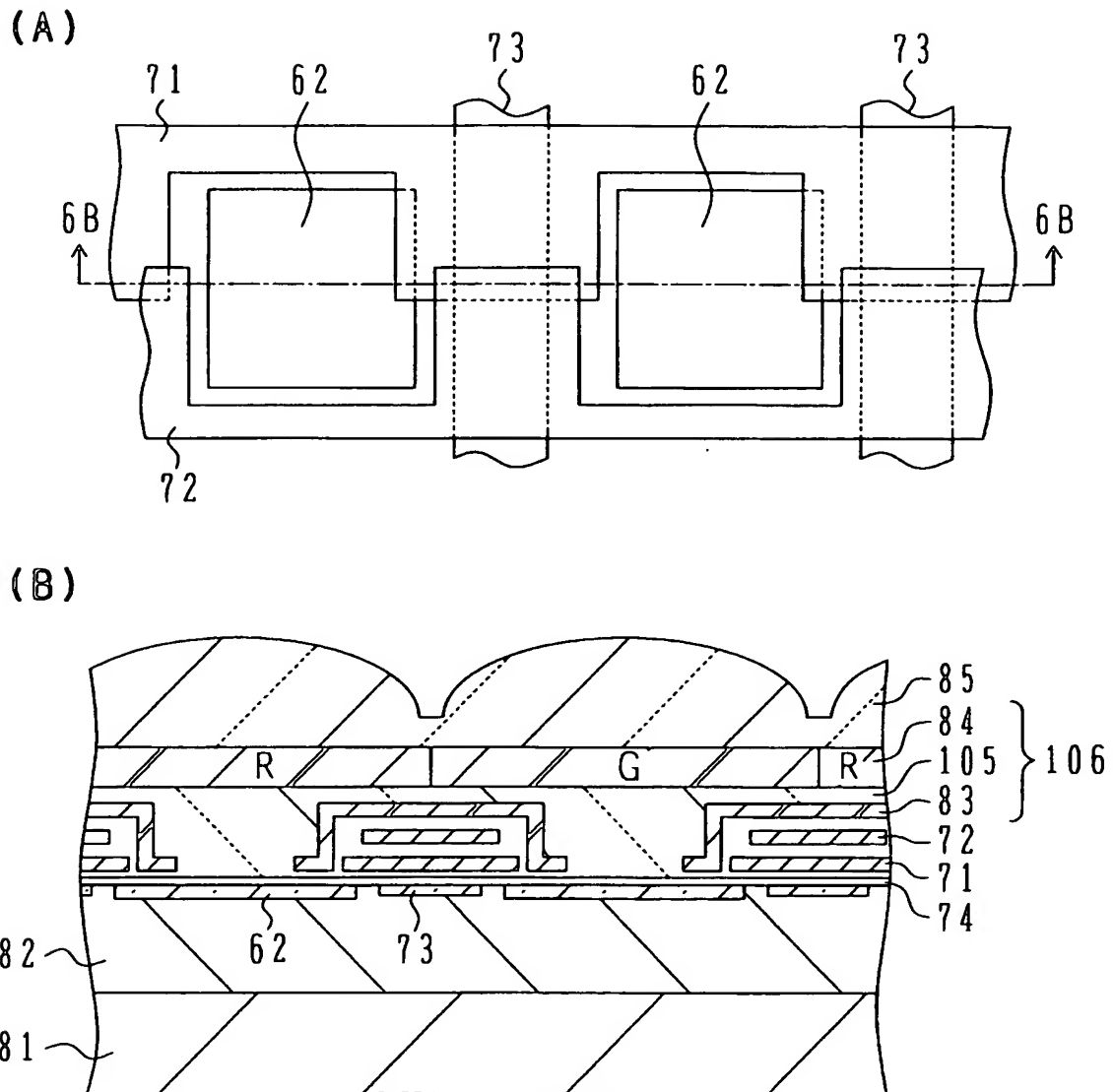


51: 固体撮像素子
 52: 駆動信号発生装置
 53: 出力信号処理装置
 54: 記憶装置
 55: 表示装置
 56: 伝送装置
 57: テレビジョン



61: 画素配列部
 62: 感光部
 64: 垂直CCD部
 65: 駆動部
 66: 水平CCD部
 67: 増幅回路部

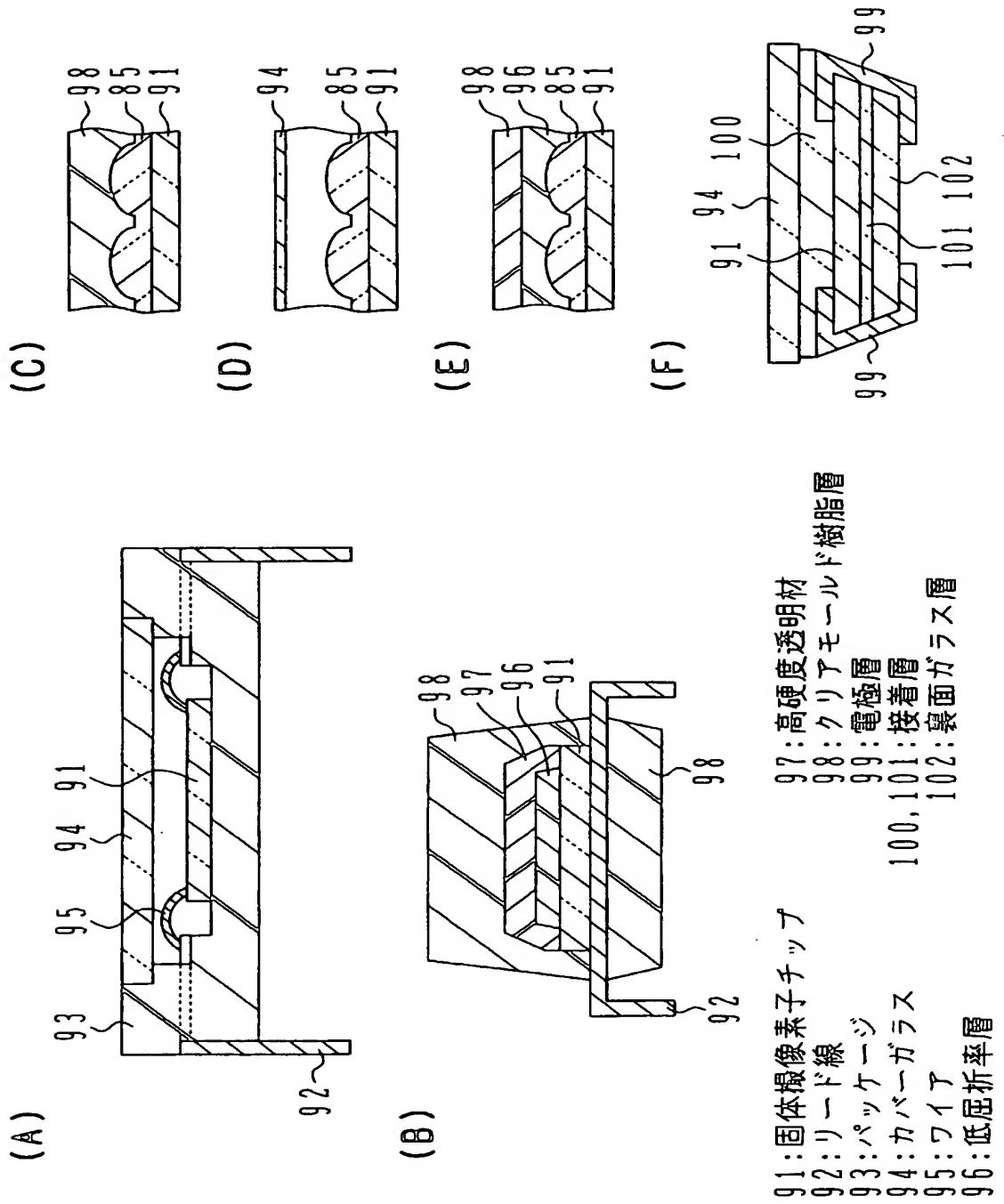
【図6】



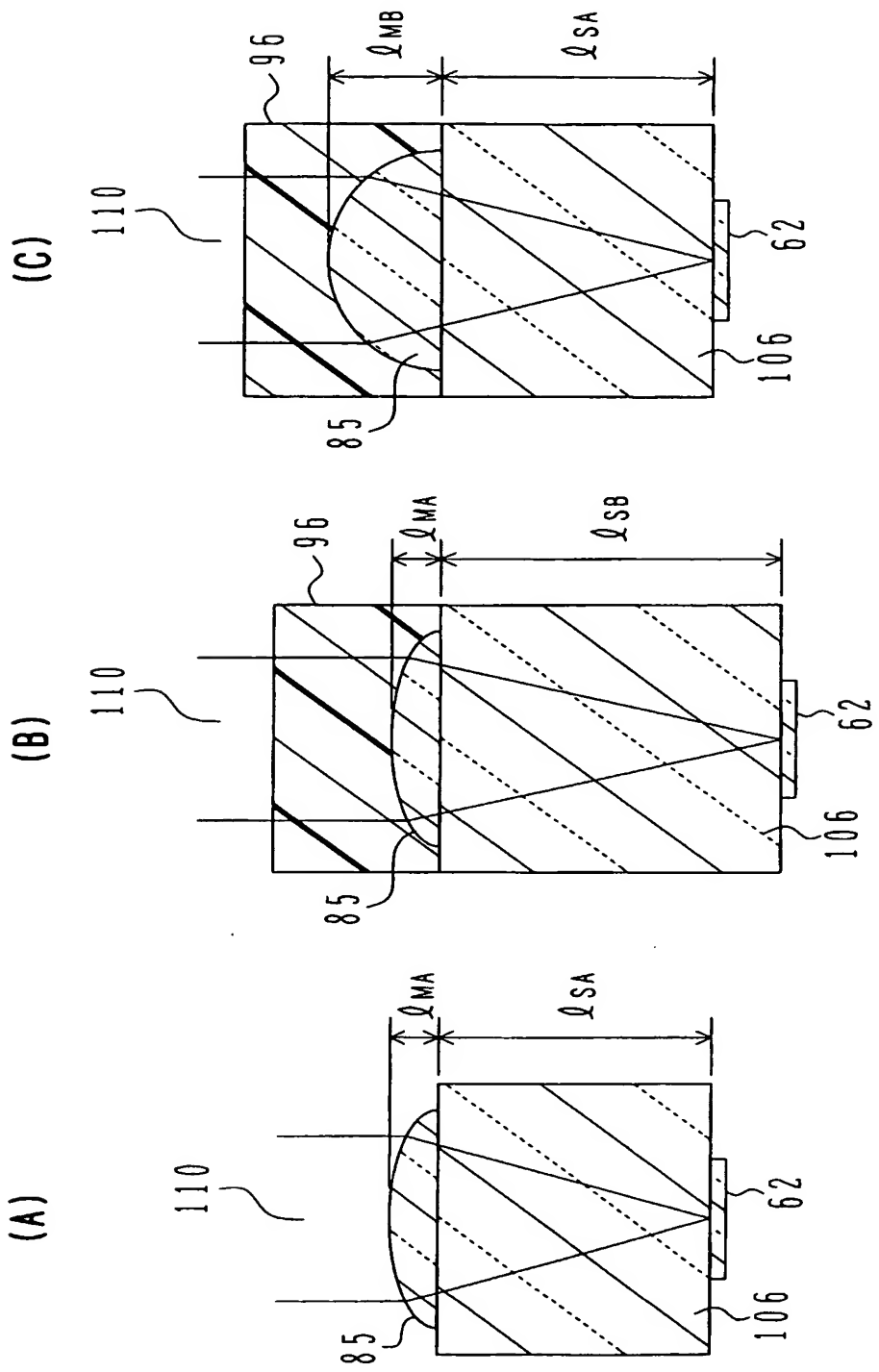
71: 第1層垂直CCD転送電極
 72: 第2層垂直CCD転送電極
 73: 垂直転送チャネル
 74: 絶縁膜
 81: 基板
 82: ウエル層

83: 遮光膜
 84: カラーフィルタ
 85: マイクロレンズ
 105: 絶縁層
 106: マイクロレンズ支持層

【図7】



【図8】



110:入射光

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 固体撮像素子において、高い集光率を実現する。

【解決手段】 感光部と、垂直CCD部と、水平CCD部と、遮光膜とを含む基板部を形成する。基板部上に、添加物を含む酸化シリコンの第1の絶縁層を形成する。第1の絶縁層をリフロし、リフロされた第1の絶縁層上であって感光部の上方を含む領域に、窒化シリコンで上下凸形状のインナレンズを形成する。インナレンズ上に酸化シリコン系絶縁物の第2の絶縁層を形成する。第2の絶縁層の表面を平坦化する。第2の絶縁層の平坦化された表面上に、カラーフィルタを形成する。カラーフィルタ上に、透明材料で形成され、表面が平坦な透明平坦層を形成する。透明平坦層上に、マイクロレンズを形成する。マイクロレンズ上に、マイクロレンズよりも屈折率の小さい低屈折率層を形成する。低屈折率層上に、透明板を配置する。透明板を配置した基板部をパッケージする。

【選択図】 図3

特願 2'0 0 3 - 3 0 1 6 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [3 9 1 0 5 1 5 8 8]

1. 変更年月日	1 9 9 1 年 7 月 3 1 日
[変更理由]	新規登録
住 所	宮城県黒川郡大和町松坂平 1 丁目 6 番地
氏 名	富士フイルムマイクロデバイス株式会社

特願 2'0 0 3 - 3 0 1 6 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 0 1]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 1 4 日
[変更理由]	新規登録
住 所	神奈川県南足柄市中沼 2 1 0 番地
氏 名	富士写真フイルム株式会社